

(51) Int.Cl.<sup>7</sup> 識別記号

G 0 1 N 25/72

F I

G 0 1 N 25/72

サーチコード<sup>\*</sup> (参考)

K 2 G 0 4 0

審査請求 未請求 請求項の数29 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2000-386432(P2000-386432)

(22) 出願日 平成12年12月20日 (2000. 12. 20)

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者 竹田 英哲

兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂研究所内

(72) 発明者 黒川 政秋

兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂研究所内

(74) 代理人 100078499

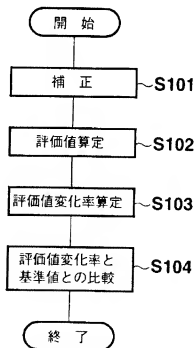
弁理士 光石 俊郎 (外2名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非破壊検査方法及び装置、データ判定装置

(57) 【要約】

【課題】 コーティング剥離部を従来より正確に検出できるようにすること。

【解決手段】 温度の経時変化を示す測定データに基づいて、温度をT、その評価値をT\*、2つの異なる時刻での温度をT1、T2 (但し、T1>T2) とするとき、 $T^* = (T - T2) / (T1 - T2)$  により、評価値を算定し、この評価値に基づいて、コーティングの剥離が生じているか否かを判定する。

#### 【特許請求の範囲】

【請求項1】 母材表面にコーティングを施すことで構成された部材における、コーティングの剥離が生じている部分を検出する非破壊検査装置に用いられるデータ判別装置において、検査対象となっている部材（以下、

「被検体」と記す）表面の所望の測定点での温度の経時変化を示す測定データに基づいて、前記測定点における或る時刻の温度を $T$ とし、当該温度の評価値を $T^*$ とし、2つの異なる時刻での温度を $T_1$ 、 $T_2$ とし、 $T_1 > T_2$ とする場合、 $T^* = (T - T_2) / (T_1 - T_2)$ により評価値を算定する評価値算定手段と、前記評価値算定手段が算定した評価値に基づいて、当該測定点においてコーティングの剥離が生じているか否か判定する判定手段を備えることを特徴とするデータ判定装置。

【請求項2】 請求項1において、前記測定データは加熱停止後のものであることを特徴とするデータ判定装置。

【請求項3】 請求項2において、前記温度 $T_1$ は最高温度であり、前記温度 $T_2$ は最低温度であることを特徴とするデータ判定装置。

【請求項4】 請求項1において、前記被検体と同形状であり且つ剥離状況が既知である部材について予め用意された補正データを持ち、前記測定データを前記補正データに基づいて補正する補正手段を更に備えること、及び、前記評価値算定手段は前記補正手段が補正した後の補正済み測定データに基づいて、前記評価値を算定するものであることを特徴とするデータ判定装置。

【請求項5】 請求項1または4において、前記判定手段は予め定められた基準値及び予め定められた判定時点を有し、前記評価値が、前記判定時点において、前記基準値よりも大きい測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定するものであることを特徴とするデータ判定装置。

【請求項6】 請求項1または4において、前記判定手段は予め定められた評価値の経時変化を示す基準データ及び予め定められた判定期間を有し、前記評価値算定手段が算定した評価値の経時変化を示す評価値データが、前記判定期間において、前記基準データと所定範囲内で一致する測定点ではコーティングの剥離が生じていないと判定し、一致しない測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定するものであることを特徴とするデータ判定装置。

【請求項7】 請求項1または4において、前記測定点として複数の位置が設定されており、前記判定手段は予め定められた判定時点を有し、前記評価値が、前記判定時点において、他の測定点よりも高くなっている測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定するものであることを特徴とするデータ判定装置。

【請求項8】 請求項1または4において、前記測定点として複数の位置が設定されており、前記判定手段は予

め定められた判定期間を有し、前記評価値の経時変化を示す評価値データを、前記判定期間において、他の測定点での評価値の経時変化を示す評価値データと比較することにより、コーティングの剥離が生じているか否か判定するものであることを特徴とするデータ判定装置。

【請求項9】 請求項1または4において、前記判定手段は、前記評価値の経時変化を示す評価値データに基づいて、前記測定点での評価値の時間的変化率（以下、「評価値変化率」と記す）を算定する微分演算手段を有し、前記評価値変化率の大きさに基づいて、当該測定点においてコーティングの剥離が生じているか否か判定するものであることを特徴とするデータ判定装置。

【請求項10】 請求項9において、前記判定手段は予め定められた基準値及び予め定められた判定時点を有し、前記測定データが降温時に関するものである場合に、前記評価値変化率が、前記判定時点において、前記基準値よりも小さい測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定するものであることを特徴とするデータ判定装置。

【請求項11】 請求項9において、前記判定手段は予め定められた評価値変化率の経時変化を示す基準データ及び予め定められた判定期間を有し、前記微分演算手段が算定した評価値変化率の経時変化を示す評価値変化率データが、前記判定期間において、前記基準データと所定範囲内で一致する測定点ではコーティングの剥離が生じていないと判定し、一致しない測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定するものであることを特徴とするデータ判定装置。

【請求項12】 請求項9において、前記測定点として複数の位置が設定されており、前記判定手段は予め定められた判定時点を有し、前記測定データが降温時に関するものである場合、前記評価値変化率が前記判定時点において他の測定点よりも低くなっている測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定するものであることを特徴とするデータ判定装置。

【請求項13】 請求項9において、前記測定点として複数の位置が設定されており、前記判定手段は予め定められた判定期間を有し、前記評価値変化率の経時変化を示す評価値変化率データを、前記判定期間において、他の測定点での評価値変化率の経時変化を示す評価値変化率データと比較することにより、コーティングの剥離が生じているか否か判定するものであることを特徴とするデータ判定装置。

【請求項14】 母材表面にコーティングを施すことで構成された部材における、コーティングの剥離が生じている部分を検出する非破壊検査装置において、検査対象とされている部材（以下、「被検体」と記す）を加熱する加熱手段と、前記加熱手段による加熱中の温度上昇時または該加熱を停止した後の温度下降時における、前記被検体表面の所望の測定点での温度の経時変化を観測す

る温度観測手段と、前記温度観測手段によって観測されたデータを判定する請求項 1 から 13 いずれかに 1 つに記載のデータ判定装置を備えることを特徴とする非破壊検査装置。

【請求項 15】 母材表面にコーティングを施すことで構成された部材における、コーティングの剥離が生じている部分を検出する非破壊検査方法において、検査対象となっている部材（以下、「被検体」と記す）表面の所望の測定点における温度の経時変化を示す測定データに基づいて、前記測定点における温度を  $T$  とし、当該温度の評価値を  $T^*$  とし、2 つの異なる時刻での温度を  $T1$ 、 $T2$  とし、 $T1 > T2$  とする場合、 $T^* = (T - T2) / (T1 - T2)$  により評価値を算定し、前記評価値に基づいて、当該測定点においてコーティングの剥離が生じているか否か判定することを特徴とする非破壊検査方法。

【請求項 16】 請求項 15 において、前記測定データとして加熱停止後のものを用いることを特徴とする非破壊検査方法。

【請求項 17】 請求項 16 において、前記温度  $T1$  は最高温度であり、前記温度  $T2$  は最低温度であることを特徴とする非破壊検査方法。

【請求項 18】 請求項 15 において、前記被検体と同形状でありかつ剥離状況が既知である部材について予め補正データを用意し、前記補正データに基づいて、前記測定データを補正し、前記補正した後の補正済み測定データに基づいて、前記評価値を算定することを特徴とする非破壊検査方法。

【請求項 19】 請求項 15 または 18 において、前記評価値が、予め定められた判定時点において、予め定められた基準値よりも大きい測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定することを特徴とする非破壊検査方法。

【請求項 20】 請求項 15 または 18 において、前記評価値の経時変化を示す評価値データが、予め定められた判定期間において、予め定められた評価値の経時変化を示す基準データと所定範囲内で一致する測定点ではコーティングの剥離が生じていないと判定し、一致しない測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定することを特徴とする非破壊検査方法。

【請求項 21】 請求項 15 または 18 において、前記測定点を複数設定し、前記評価値が、予め定められた判定時点において、他の測定点よりも高くなっている測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定することを特徴とする非破壊検査方法。

【請求項 22】 請求項 15 または 18 において、前記測定点を複数設定し、前記評価値の経時変化を示す評価値データを、予め定められた判定期間において、他の測定点での評価値の経時変化を示す評価値データと比較することにより、コーティングの剥離が生じているか否か

判定することを特徴とする非破壊検査方法。

【請求項 23】 請求項 15 または 18 において、前記評価値の経時変化を示す評価値データに基づいて、前記測定点での評価値の時間的変化率（以下、「評価値変化率」と記す）を算定し、前記評価値変化率の大きさに基づいて、当該測定点においてコーティングの剥離が生じているか否か判定することことを特徴とする非破壊検査方法。

【請求項 24】 請求項 23 において、前記測定データが降温時についてのものである場合に、前記評価値変化率が、予め定められた判定時点において、予め定められた基準値よりも小さい測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定することを特徴とする非破壊検査方法。

【請求項 25】 請求項 23 において、前記評価値変化率の経時変化を示す評価値変化率データが、予め定められた判定期間において、予め定められた評価値変化率の経時変化を示す基準データと所定範囲内で一致する測定点ではコーティングの剥離が生じていないと判定し、一致しない測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定することを特徴とする非破壊検査方法。

【請求項 26】 請求項 23 において、前記測定点を複数設定し、前記測定データが降温時についてのものである場合、前記評価値変化率が予め定められた判定時点において他の測定点よりも低くなっている測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定することを特徴とする非破壊検査方法。

【請求項 27】 請求項 23 において、前記測定点を複数設定し、前記評価値変化率の経時変化を示す評価値変化率データを、予め定められた判定期間において、他の測定点での評価値変化率の経時変化を示す評価値変化率データと比較することにより、コーティングの剥離が生じているか否か判定することを特徴とする非破壊検査方法。

【請求項 28】 請求項 15 から 27 いずれかに 1 つに記載の非破壊検査方法をコンピュータに実行させるプログラムを格納したコンピュータが読取可能な記録媒体。

【請求項 29】 請求項 15 から 27 いずれかに 1 つに記載の非破壊検査方法をコンピュータに実行させるコンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、母材表面にコーティング（膜）を施すことで構成された部材について、コーティングの剥離を検出する非破壊検査方法及び装置、更には、これに用いられるデータ判定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】母材表面に施されたコーティングの剥離を、赤外線サーモグラフィ法を用いて検出する非破壊検査装置が知られている。この非破壊検査装置では、以

下のような原理に基づいて、コーティングの剝離を検出している。

【0003】本明細書において「剝離」とは、コーティングが母材と十分に密着しておらず、両者の間に隙間ができていた状態を意味する。

【0004】表面にコーティングが施された部材（以下、被検体）の表層部を外部から加熱した場合、外部から加えられた熱は、コーティング材を経て母材へと伝えられることになる。ところが、コーティングが母材から剝離している部分では、母材への熱伝導がうまく行われない。つまり、剝離部と健全部（コーティングが母材と密着し剝離が生じていない部分）とは、コーティングと母材との間の熱伝導特性が異なっている。健全部では、コーティングが母材に密着しているため、コーティング材と母材との間の熱伝導が比較的にスムーズに行われる。これに対し、剝離部では、コーティングが母材から離れているため、熱が伝わりにくい。このため、剝離部では、コーティングに熱が蓄積されたまま（即ち、高温）となる。従って、この加熱状態において、被検体の表面温度分布を測定することにより、高温部を剝離部として検出することができる。

【0005】なお、実際の装置では、加熱は、赤外線を照射することで行っているのが一般的である。

【0006】また、実際の装置では、加熱停止後の或る時点での温度に基づいて、剝離部が否か判断しているのが一般的である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術は、単純に、健全部と剝離部とでの温度の違い（温度ムラ）に基づいて、両者を判別するものであった。

【0008】しかし、温度ムラが生じる原因は、コーティングの剝離だけではない。例えば、加熱ムラに起因して、温度ムラが生じることもある。加熱ムラは、例えば、検査毎の加熱強度変動に起因して起きたり、あるいは、加熱器の加熱強度は一定でも、加熱器の配置により場所毎の加熱強度変動に起因して起こる。また、コーティングの厚みのバラツキに起因して温度ムラが生じることもある。コーティングが厚い部分ではこれが健全部であっても、剝離部と同等レベルの温度になっていることがある。このため、このようなコーティングの剝離以外の要因によって温度ムラが生じやすい条件下での測定では、剝離部を正確に検出することが困難な場合があった。

【0009】そこで、本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、剝離部をより正確に検出可能な、非破壊検査装置及び方法、更には、これに用いられるデータ判別装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本願発明者は、様々な観点から検討を加えた結果、測定点における温度を $T$ と

し、この温度の評価値を $T^*$ とし、2つの異なる時刻での温度を $T1$ 、 $T2$ とし、 $T1 > T2$ とする場合、 $T^* = (T - T2) / (T1 - T2)$  なる演算により評価値を算定すると、この評価値は加熱ムラやコーティングの厚みのバラツキに影響されないで、この評価値を用いることにより正確にコーティングの剝離が生じているか否か判定できるとに気がついた。評価値の算定精度を考えると、 $T1$ と $T2$ はなるべく大きく異なるものであることが好ましい。

【0011】本願発明はこのような知見に基づいてなされたものである。

【0012】請求項1に係る発明はデータ判定装置であり、母材表面にコーティングを施すことで構成された部材における、コーティングの剝離が生じている部分を検出する非破壊検査装置に用いられるデータ判別装置において、検査対象となっている部材（以下、「被検体」と記す）表面の所望の測定点での温度の経時変化を示す測定データに基づいて、前記測定点における温度を $T$ とし、当該温度の評価値を $T^*$ とし、2つの異なる時刻での温度を $T1$ 、 $T2$ とし、 $T1 > T2$ とする場合、 $T^* = (T - T2) / (T1 - T2)$  により評価値を算定する評価値算定手段と、前記評価値算定手段が算定した評価値に基づいて、当該測定点においてコーティングの剝離が生じているか否か判定する判定手段を備えることを特徴とする。

【0013】請求項2に係る発明のデータ判定装置は、請求項1において、前記測定データは加熱停止後のものであることを特徴とする。

【0014】請求項3に係る発明のデータ判定装置は、請求項2において、前記温度 $T1$ は最高温度であり、前記温度 $T2$ は最低温度であることを特徴とする。

【0015】請求項4に係る発明のデータ判定装置は、請求項1において、前記被検体と同形状であり且つ剝離状況が既知である部材について予め用意された補正データを持ち、前記測定データを前記補正データに基づいて補正する補正手段を更に備えること、及び、前記評価値算定手段は前記補正手段が補正した後の補正済み測定データに基づいて、前記評価値を算定するものであることを特徴とする。

【0016】請求項5に係る発明のデータ判定装置は、請求項1または4において、前記判定手段は予め定められた基準値及び予め定められた判定時点を有し、前記評価値が、前記判定時点において、前記基準値よりも大きい測定点ではコーティングの剝離が生じていると判定するものであることを特徴とする。

【0017】請求項6に係る発明のデータ判定装置は、請求項1または4において、前記判定手段は予め定められた評価値の経時変化を示す基準データ及び予め定められた判定期間を有し、前記評価値算定手段が算定した評価値の経時変化を示す評価値データが、前記判定期間に

において、前記基準データと所定範囲内で一致する測定点ではコーティングの剥離が生じていないと判定し、一致しない測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定するものであることを特徴とする。

【0018】請求項7に係る発明のデータ判定装置は、請求項1または4において、前記測定点として複数の位置が設定されており、前記判定手段は予め定められた判定時点を有し、前記評価値が、前記判定時点において、他の測定点よりも高くなっている測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定するものであることを特徴とする。

【0019】請求項8に係る発明のデータ判定装置は、請求項1または4において、前記測定点として複数の位置が設定されており、前記判定手段は予め定められた判定期間を有し、前記評価値の経時変化を示す評価値データが、前記判定期間において、他の測定点での評価値の経時変化を示す評価値データと比較することにより、コーティングの剥離が生じているか否か判定するものであることを特徴とする。

【0020】請求項9に係る発明のデータ判定装置は、請求項1または4において、前記判定手段は、前記評価値算定手段が算定した評価値の経時変化を示す評価値データに基づいて、前記測定点での評価値の時間的変化率（以下、「評価値変化率」と記す）を算定する微分演算手段を有し、該微分演算手段が算定した評価値変化率の大きさに基づいて、当該測定点においてコーティングの剥離が生じているか否か判定するものであることを特徴とする。

【0021】請求項10に係る発明のデータ判定装置は、請求項9において、前記判定手段は予め定められた基準値及び予め定められた判定時点を有し、前記測定データが降溫時についてのものである場合に、前記評価値変化率が、前記判定時点において、前記基準値よりも小さい測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定するものであることを特徴とする。

【0022】請求項11に係る発明のデータ判定装置は、請求項9において、前記判定手段は予め定められた評価値変化率の経時変化を示す基準データ及び予め定められた判定期間を有し、前記微分演算手段が算定した評価値変化率の経時変化を示す評価値変化率データが、前記判定期間において、前記基準データと所定範囲内で一致する測定点ではコーティングの剥離が生じていないと判定し、一致しない測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定するものであることを特徴とする。

【0023】請求項12に係る発明のデータ判定装置は、請求項9において、前記測定点として複数の位置が設定されており、前記判定手段は予め定められた判定時点を有し、前記測定データが降溫時についてのものである場合、前記評価値変化率が前記判定時点において他の測定点よりも低くなっている測定点ではコーティングの

剥離が生じていると判定するものであることを特徴とする。

【0024】請求項13に係る発明のデータ判定装置は、請求項9において、前記測定点として複数の位置が設定されており、前記判定手段は予め定められた判定期間を有し、前記評価値変化率の経時変化を示す評価値変化率データを、前記判定期間において、他の測定点での評価値変化率の経時変化を示す評価値変化率データと比較することにより、コーティングの剥離が生じているか否か判定するものであることを特徴とする。

【0025】請求項14に係る発明は非破壊検査装置であり、母材表面にコーティングを施すことで構成された部材における、コーティングの剥離が生じている部分を検出する非破壊検査装置において、検査対象とされている部材（以下、「被検体」と記す）を加熱する加熱手段と、前記加熱手段による加熱中の温度上昇時または該加熱を停止した後の温度下降時における、前記被検体表面の所望の測定点での温度の経時変化を観測する温度観測手段と、前記温度観測手段によって観測されたデータを判定する請求項1から13いずれかに1つに記載のデータ判定装置を備えることを特徴とする。

【0026】請求項15に係る発明は非破壊検査方法であり、母材表面にコーティングを施すことで構成された部材における、コーティングの剥離が生じている部分を検出する非破壊検査方法において、検査対象となっている部材（以下、「被検体」と記す）表面の所望の測定点における温度の経時変化を示す測定データに基づいて、前記測定点における温度を $T$ とし、当該温度の評価値を $T^*$ とし、2つの異なる時刻での温度を $T1$ 、 $T2$ とし、 $T1 > T2$ とする場合、 $T^* = (T - T2) / (T1 - T2)$ により評価値を算定し、前記評価値に基づいて、当該測定点においてコーティングの剥離が生じているか否か判定することを特徴とする。

【0027】請求項16に係る発明の非破壊検査方法は、請求項15において、前記測定データとして加熱停止後のものを用いることを特徴とする。

【0028】請求項17に係る発明の非破壊検査方法は、請求項16において、前記温度 $T1$ は最高温度であり、前記温度 $T2$ は最低温度であることを特徴とする。

【0029】請求項18に係る発明の非破壊検査方法は、請求項15において、前記被検体と同形状であり且つ剥離状況が既知である部材について予め補正データを用意し、前記補正データに基づいて、前記測定データを補正し、前記補正した後の補正済み測定データに基づいて、前記評価値を算定することを特徴とする。

【0030】請求項19に係る発明の非破壊検査方法は、請求項15または18において、前記評価値が、予め定められた判定時点において、予め定められた基準値よりも大きい測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定することを特徴とする。

【0031】請求項20に係る発明の非破壊検査方法は、請求項15または18において、前記評価値の経時変化を示す評価値データが、予め定められた判定期間において、予め定められた評価値の経時変化を示す基準データと所定範囲内で一致する測定点ではコーティングの剥離が生じていないと判定し、一致しない測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定することを特徴とする。

【0032】請求項21に係る発明の非破壊検査方法は、請求項15または18において、前記測定点を複数設定し、前記評価値が、予め定められた判定時点において、他の測定点よりも高くなっている測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定することを特徴とする。

【0033】請求項22に係る発明の非破壊検査方法は、請求項15または18において、前記測定点を複数設定し、前記評価値の経時変化を示す評価値データを、予め定められた判定期間において、他の測定点での評価値の経時変化を示す評価値データと比較することにより、コーティングの剥離が生じているか否か判定することを特徴とする。

【0034】請求項23に係る発明の非破壊検査方法は、請求項15または18において、前記評価値の経時変化を示す評価値データに基づいて、前記測定点での評価値の時間的変化率（以下、「評価値変化率」と記す）を算定し、前記評価値変化率の大きさに基づいて、当該測定点においてコーティングの剥離が生じているか否か判定することことを特徴とする。

【0035】請求項24に係る発明の非破壊検査方法は、請求項23において、前記測定データが降温時についてのものである場合に、前記評価値変化率が、予め定められた判定時点において、予め定められた基準値よりも小さい測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定することを特徴とする。

【0036】請求項25に係る発明の非破壊検査方法は、請求項23において、前記評価値変化率の経時変化を示す評価値変化率データが、予め定められた判定期間において、予め定められた評価値変化率の経時変化を示す基準データと所定範囲内で一致する測定点ではコー

$$T^* = (T - T_2) / (T_1 - T_2) \quad \cdots \cdots (1)$$

$$T^* = (T - T_2) / (T_1 - T_2) \times 100 [\%] \quad \cdots \cdots (2)$$

【0044】被検体表面の温度Tは加熱ムラやコーティング厚みのバラツキに影響され、温度ムラが生じるが、式(1)や式(2)の演算により、評価値T\*ではこれらに起因した温度ムラが相殺される。従って、判定精度を高めることができる。

【0045】温度T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>は上述のように測定データ中の異なる時点での温度であるが、評価値T\*の算定精度を考えると、T<sub>1</sub>とT<sub>2</sub>はなるべく大きく異なるものであることが好ましい。例えば、下記に示す組合せのい

イングの剥離が生じていないと判定し、一致しない測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定することを特徴とする。

【0037】請求項26に係る発明の非破壊検査方法は、請求項23において、前記測定点を複数設定し、前記測定データが降温時についてのものである場合、前記評価値変化率が予め定められた判定時点において他の測定点よりも低くなっている測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定することを特徴とする。

【0038】請求項27に係る発明の非破壊検査方法は、請求項23において、前記測定点を複数設定し、前記評価値変化率の経時変化を示す評価値変化率データを、予め定められた判定期間において、他の測定点での評価値変化率の経時変化を示す評価値変化率データと比較することにより、コーティングの剥離が生じているか否か判定することを特徴とする。

【0039】請求項28に係る発明はコンピュータが読取可能な記録媒体であり、請求項15から27いずれか1つに記載の非破壊検査方法をコンピュータに実行させるプログラムを格納したことを特徴とする。

【0040】請求項29に係る発明はコンピュータプログラムであり、請求項15から27いずれか1つに記載の非破壊検査方法をコンピュータに実行させることを特徴とする。

#### 【0041】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づいて、本発明の実施の形態を説明する。

【0042】【発明の原理】本発明は、検査対象となっている部材（以下、「被検体」と記す）表面の所望の測定点での温度の経時変化を示す測定データに基づいてコーティング（膜）が剥離しているか否かの判定を行う場合、測定データ中の温度T自体ではなく、その評価値T\*を算定して判定に用いることを基本的な特徴としている。

【0043】評価値T\*の算定には、次式（1）が用いられる。評価値T\*をパーセントで表す場合は、次式（2）が用いられる。式（1）と式（2）は等価であり、いずれの式においても、T<sub>1</sub>とT<sub>2</sub>は2つの異なる時刻での温度であり、且つ、T<sub>1</sub>>T<sub>2</sub>である。

$$T^* = (T - T_2) / (T_1 - T_2) \quad \cdots \cdots (1)$$

$$T^* = (T - T_2) / (T_1 - T_2) \times 100 [\%] \quad \cdots \cdots (2)$$

いずれかを使用する。

(1) 最高温度をT<sub>1</sub>とし、降温時の最低温度をT<sub>2</sub>とする。

(2) 降温期間中は、前寄り時点の温度は、後寄り時点の温度に較べて、相当高い。従って、加熱停止時点近傍（加熱停止時点や加熱停止直後）や加熱停止から短時間経過した時点等、降温期間中で前寄り時点の温度をT<sub>1</sub>とし、加熱停止後十十分間が経過した時点あるいは加熱停止後降温が安定する時点といった、降温期間中で後

寄り時点の温度を $T_2$ とする。

【0046】図1に被検体中の同一測定点について、加熱強度を変化させた場合の表面温度 $T$ の経時変化を表す測定データ1~4を示す。その際、特性線5に示すタイミングで、赤外線フラッシュを短時間オン/オフ動作させて被検体に赤外線を短時間照射し、加熱開始時点（赤外線フラッシュのオン時点） $t_0$ から $\Delta t$ 毎に温度を測定することにより、測定データ1~4を得ている。測定データ1は基準的な加熱強度における温度の経時変化を表し、測定データ2は加熱強度を基準より10%減少させた場合における温度の経時変化を表し、測定データ3は加熱強度を基準より5%減少させた場合における温度の経時変化を表し、測定データ4は加熱強度を基準より5%増加させた場合における温度の経時変化を表している。

【0047】図2に、図1に示した各測定データ1~4に対応する評価値データ11~14を示す。この場合、加熱停止時点（赤外線フラッシュの短時間オン後のオフ時点） $t_1$ の温度 $T_1$ と加熱停止後十分時間が経過した時点 $t_2$ の温度 $T_2$ を用いて、加熱停止後の各時点での温度 $T$ に対する評価値 $T^*$ を算定している。但し、図2では前記の式（2）により評価値 $T^*$ を算定し、パーセント表記している。

【0048】なお、赤外線フラッシュの場合は加熱が極めて短時間なので、加熱停止時点 $t_1$ は加熱停止直後ともいえる。

【0049】図2中、評価値データ11は基準加熱強度における測定データ1に対応し、加熱停止後の各時点での温度 $T$ に対する評価値 $T^*$ の経時変化を表している。同様に、評価値データ12は加熱強度10%減における測定データ2に対応し、加熱停止後の各時点での温度 $T$ に対する評価値 $T^*$ の経時変化を表している。評価値データ13は加熱強度5%減における測定データ3に対応し、加熱停止後の各時点での温度 $T$ に対する評価値 $T^*$ の経時変化を表している。評価値データ14は加熱強度5%増における測定データ4に対応し、加熱停止後の各時点での温度 $T$ に対する評価値 $T^*$ の経時変化を表している。

【0050】これら測定データ1~4と評価値データ11~14との対比から、温度 $T$ は加熱強度に左右されるが、評価値 $T^*$ は殆ど左右されないことが判る。

【0051】また、図3に、同一の健全な被検体について加熱器の配置により故意に加熱ムラを生じさせ、加熱ムラが生じた部分（加熱ムラ部）における表面温度の経時変化を表す測定データ6と、加熱ムラがない部分（健全部）における表面温度の経時変化を表す測定データ7を示す。この場合、加熱停止時点（赤外線フラッシュのオフ時点） $t_1$ から $\Delta t$ 毎に温度を測定して、測定データ6、7を得ている。また、特性線5に示すタイミングで、赤外線フラッシュを短時間オン/オフ動作させて被

検体に赤外線を短時間照射している。

【0052】図4に、図3に示した各測定データ6、7に対応する評価値データ16、17を示す。この場合も、加熱停止時点 $t_1$ の温度 $T_1$ と加熱停止後十分時間が経過した時点 $t_2$ の温度 $T_2$ を用いて、加熱停止後の各時点での温度 $T$ に対する評価値 $T^*$ を、前述の式（2）によりパーセント表記で算定している。図4中、評価値データ16は加熱ムラ部における測定データ6に対応し、加熱停止後の各時点での温度 $T$ に対する評価値 $T^*$ の経時変化を表している。評価値データ17は健全部における測定データ7に対応し、加熱停止後の各時点での温度 $T$ に対する評価値 $T^*$ の経時変化を表している。

【0053】更に、図5に、剥離部と健全部を有する同一被検体について均一に加熱し、剥離部における表面温度の経時変化を表す測定データ8と、健全部における表面温度の経時変化を表す測定データ9を示す。この場合も、特性線5に示すタイミングで、赤外線フラッシュを短時間オン/オフ動作させて被検体に赤外線を短時間照射し、加熱停止時点（赤外線フラッシュのオフ時点） $t_1$ から $\Delta t$ 毎に温度を測定することにより、測定データ8、9を得ている。

【0054】図6に、図5に示した各測定データ8、9に対応する評価値データ18、19を示す。この場合も、加熱停止時点 $t_1$ の温度 $T_1$ と加熱停止後十分時間が経過した時点 $t_2$ の温度 $T_2$ を用いて、加熱停止後の各時点での温度 $T$ に対する評価値 $T^*$ を、前述の式（2）によりパーセント表記で算定している。図6中、評価値データ18は剥離部における測定データ8に対応し、加熱停止後の各時点での温度 $T$ に対する評価値 $T^*$ の経時変化を表している。評価値データ19は健全部における測定データ9に対応し、加熱停止後の各時点での温度 $T$ に対する評価値 $T^*$ の経時変化を表している。

【0055】これら測定データ6~9及びそれらの評価値データ16~19から以下のことが判る。

- (1) 加熱ムラ部における温度 $T$ は、健全部とは異なって経時変化し、むしろ剥離部に近い経時変化を示す。従って、このままでは加熱ムラ部を剥離部と誤判定し兼ねない。
- (2) 加熱ムラ部における評価値 $T^*$ の経時変化は、健全部と殆ど一致し、剥離部とは大きく異なる。
- (3) 剥離部における評価値 $T^*$ は健全部と較べ、殆どの時間帯において大きい。
- (4) 剥離部における評価値 $T^*$ は健全部と較べ、途中までは時間の経過に伴って緩やかに減少する。
- (5) 従って、上記(2)~(4)の差異を利用することにより、剥離部を、健全部はもとより、加熱ムラ部と明確に区別することができ、判定精度が高まる。

【0056】以上は加熱ムラの影響排除についての説明であるが、コーティング厚さのバラツキについても、同様のことがいえ、温度 $T$ に代えて評価値 $T^*$ を用いるこ

とにより、剥離部を健全部はもとよりコーティング厚さが厚い部分と明確に区別することができ、判定精度が高まる。

【0057】従って、評価値 $T^*$ 、あるいは、評価値変化率 $(\delta T^* / \delta t)$ ：評価値 $T^*$ の時間的変化率)を用いることにより、加熱ムラやコーティング厚さのパラツキに影響されず、剥離部か否かを判定することができる。

【0058】評価値 $T^*$ あるいは評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ を用いて判定を行う場合、基準値あるいは基準データと比較する判定と、これらを用いない判定がある。

【0059】ここで、基準値とは、評価値 $T^*$ あるいは評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ に対して予め定めた閾値を意味し、所定の判定時点において、評価値 $T^*$ あるいは評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ をその基準値と比較する。

【0060】判定時点とは、測定データ中の任意の一時点であるが、剥離部と健全部との間で、評価値 $T^*$ あるいは評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ ができるだけ大きく異なる時期（あるいは期間）内に設定することが好ましい。

【0061】基準データとは、評価値データ $1 \sim 14$ 、 $16 \sim 19$ 等、評価値 $T^*$ の経時変化を表すデータ $T^* (t)$ に対して予め定めた時間的に変化する時系列データ、あるいは、評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ の経時変化を表す評価値変化率データ $\delta T^* (t) / \delta t$ に対して予め定めた時間的に変化する時系列データを意味し、所定の判定期間において、評価値データ $T^* (t)$ あるいは評価値変化率データ $\delta T^* (t) / \delta t$ をその基準データと比較する。評価値変化率データ $\delta T^* (t) / \delta t$ は、評価値データ $1 \sim 14$ 、 $16 \sim 19$ 等を時間微分して得られる時系列データである。

【0062】判定期間とは、測定データ中の任意の期間であるが、剥離部と健全部との間で、評価値データ $T^* (t)$ あるいは評価値変化率データ $\delta T^* (t) / \delta t$ ができるだけ大きく異なる時期（あるいは期間）内に設定することが好ましい。

【0063】以下の説明では、評価値 $T^*$ に対する基準値を $REF (T^*)$ 、評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ に対する基準値を $REF (\delta T^*)$ 、評価値データ $T^* (t)$ に対する基準データを $REF (T^* (t))$ 、評価値変化率データ $\delta T^* (t) / \delta t$ に対する基準データを $REF (\delta T^* (t))$ と表すことにする。

【0064】評価値 $T^*$ と基準値 $REF (T^*)$ を用いる場合は、所定の判定時点において、評価値 $T^*$ を基準値 $REF (T^*)$ と比較し、大小関係により測定点でコーティングの剥離が生じているか否か判定する。

【0065】評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ と基準値 $REF (\delta T^*)$ を用いる場合も、所定の判定時点において、評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ を基準値 $REF (\delta T^*)$ と比較し、大小関係で測定点でコーティングの剥離が生じているか否か判定する。

【0066】評価値データ $T^* (t)$ と基準データ $REF (T^* (t))$ を用いる場合は、所定の判定期間において、評価値データ $T^* (t)$ を基準データ $REF (T^* (t))$ と比較し、例えば残差二乗和を取るなどして、評価値データ $T^* (t)$ と基準データ $REF (T^* (t))$ が示す曲線同士が所定範囲内で一致しているか否かにより、測定点でコーティングの剥離が生じているか否か判定する。

【0067】評価値変化率データ $\delta T^* (t) / \delta t$ と基準データ $REF (\delta T^* (t))$ を用いる場合も、所定の判定期間において、評価値変化率データ $\delta T^* (t) / \delta t$ を基準データ $REF (\delta T^* (t))$ と比較し、例えば残差二乗和を取るなどして、評価値変化率データ $\delta T^* (t) / \delta t$ と基準データ $REF (\delta T^* (t))$ が示す曲線同士が所定範囲内で一致しているか否かにより、測定点でコーティングの剥離が生じているか否か判定する。

【0068】これら基準値 $REF (T^*)$ 、基準値 $REF (\delta T^*)$ 、基準データ $REF (T^* (t))$ 、基準データ $REF (\delta T^* (t))$ を用いる判定では、加熱ムラやコーティング厚さのパラツキの影響を受けないので、同一基準で判定を行うことができる。

【0069】基準値あるいは基準データを用いない判定として、通常は、剥離が生じている部位は被検体の表面の一部領域だけと考えられることから、複数の測定点での評価値 $T^*$ 同士、あるいは、評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ 同士、評価値データ $T^* (t)$ 同士、評価値変化率 $\delta T^* (t) / \delta t$ 同士と比較して判定を行うことができる。

【0070】このような判定手法では、予め定められた基準値や基準データを使用しないので、判定結果が室温等の影響を受けにくいという利点がある。なお、著しく小さいとか、大きいかの判断に、適当な閾値を用いることは何ら差し支えない。

【0071】更に、被検体と同形状であり且つ剥離状況が既知である部材について予め補正データを用意しておき、判定に先立って、この補正データで測定データを補正することにより、被検体の形状に起因した温度ムラといった誤差要因を予め除去することができ、より正確な判定が可能である。

【0072】なお、温度 $T$ を用いた判定では剥離部であった部分が、評価値 $T^*$ や評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ 、評価値データ $T^* (t)$ 、評価値変化率 $\delta T^* (t) / \delta t$ を用いた判定では健全部とされる場合には、当該部分には加熱ムラやコーティング厚さのパラツキがあったことが判る。従って、複数の部分についてこれら2種類の評価値を用いることにより、加熱ムラやコーティング厚さのパラツキの分布を知ることができる。

【0073】[第1実施例] 図7に、本発明の第1実施例に係る非破壊検査装置100の構成を示す。



【0074】本例の非破壊検査装置100は、降温中の測定データから温度の評価値を算定して判定を行うようにしている関係上、加熱停止時点での温度T1と、その後十分な時間が経過して降温が安定した時点での温度T2を用い、被検体P表面の測定点での温度Tに対する評価値T\*を、 $T^* = (T - T_2) / (T_1 - T_2) \times 100$  [%]により算定し、この評価値T\*に基づいてコーティングの剥離が生じているか否か判定を行うことで判定精度を高めたことを、主な特徴とするものである。

【0075】また、本例では、判定に先立って、測定データを補正して予め誤差要因を除去しておくことで、より正確な判定を可能としたことも1つの特徴としている。

【0076】更に、本例では、判定に際し、評価値T\*そのものではなく、評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ に基づいて判定を行うことで、判定精度をより高めたことも1つの特徴とする。以下、詳細に説明する。

【0077】まず、本例の非破壊検査装置100の概要を、図7、図8及び図9を用いて説明する。

【0078】この非破壊検査装置100は、母材表面にコーティング（膜）を施すことで構成された被検体Pについて、このコーティングの状態を非破壊で検査するためのものである。

【0079】非破壊検査装置100は、図7に示すように、被検体Pを保持具101に保持させた状態で、加熱ヘッド102によって赤外線を短時間照射することにより、被検体Pを加熱し、次いで、加熱を停止するようにしている。

【0080】加熱ヘッド102には、加熱器（図9の102a参照）が装備されている。本例では加熱器102aとして、赤外線源、特に赤外線フラッシュランプを採用している。

【0081】この場合、保持具101は、5軸のアクチュエータ（図9の101a参照）を備えている。そして、後述するコンピュータ116からの指示にしたがって、保持具コントローラドライバ111がこの5軸アクチュエータ101aを制御することで、被検体Pの位置などを所望の状態に設定したり、変更する。

【0082】一方、加熱ヘッド102は、3軸のアクチュエータ（図9の102b参照）によって支持されている。この場合、測定者が手動で3軸アクチュエータ102bを操作することで、加熱ヘッド102の位置などを変更し、所望の角度及び位置から加熱を行うことができる。

【0083】更に、加熱ヘッド102以外からの光（熱）が侵入するのを防ぎ、且つ、加熱が均一になるようにするために、保持具101及びこれに保持された非検体Pの周囲を、フード104によって囲っている。また、このフード104に囲まれた空間領域の温度（気温）が上昇しすぎて測定に影響を与えることを防ぐ

ために、フード104にはファン105を設けている。

【0084】このように被検体Pを均一に加熱した上で、このときの被検体の表面温度の分布（複数の測定点での温度）とその経時変化を赤外線カメラ103によって撮影（測定）する。この赤外線カメラ103による撮影データ（測定データ）は、ビデオモニタ114でリアルタイムに表示される。また、コンピュータ116に取り込まれて記録される。そして、この赤外線カメラ103の測定データをコンピュータ116によって補正し、温度の評価値を算定し、評価値変化率を用いて判定することで、被検体P表面におけるコーティングの剥離部を検出する。

【0085】即ち、本例では、補正済み測定データ（補正後の測定データ）から温度に対する評価値を算定し、更に、評価値を時間微分演算して評価値変化率を算定し、この評価値変化率に基づいて判定を行うようになっている。

【0086】また、前述のように本例はコンピュータ116により、測定データの補正、評価値の算定、評価値変化率を用いた剥離部の判定を行うことを主な特徴とするものであるから、以降は、この特徴部分を中心に説明することにする。

【0087】コンピュータ116は、非破壊検査装置100全体の制御統括、並びに、データ取捨を行うものであり、図8に示すように、インターフェース部117、記憶装置118、メモリ119及びCPU（中央処理装置）120を備えて構成されている。また、キーボードやマウスなどの入力装置121、更に、CRTや液晶などを用いた表示装置122、等を備えている。

【0088】インターフェース部117は、CPU120からの指示にしたがって、上述した各部を制御するためのものである。図8には1つのブロックとして描いているが、実際には、保持具コントローラドライバ111、タイマ113及び赤外線カメラ103等のそれぞれに用意されている。

【0089】記憶装置118は、測定に必要な各種データ、プログラム、測定データ、評価値、評価値変化率、判定結果を保持するためのものである。コンピュータ116に予め用意されているデータとしては、例えば、基準被検体データ（補正データ）、基準値、判定タイミング（判定時点または判定期間）が挙げられる。

【0090】基準被検体データとは、部品（被検体P）の形状に起因した温度変化のバラツキを補正するためのデータである。具体的には、予め様々な検査方法によって剥離が発生していないことが確認されている被検体（基準被検体）について、実際の測定時と同様の加熱を行った場合における、部分毎の温度のバラツキを示したデータである。例えば、他の部分よりも温度が高くなりやすい部分については、他の部分との温度の差分は正の数値（例えば、+3℃）として定義されている。逆

に、他の部分よりも温度が低くなりやすい部分については、他の部分との温度の差分は負の数値（例えば、 $-4^{\circ}\text{C}$ ）として定義されている。

【0091】本例では、この基準被検体としては、製造直後の部品を用いている。但し、必ずしも未使用の部品である必要はない。例えば、使用時の環境等に起因して形状が変化するような部品について所定期間使用後の発熱状況を検査するような場合には、所定期間使用されており（つまり、被検体Pと同様の形状変化が生じており）、且つ、発熱の発生がないことが確認されたものを、基準被検体とするのが良い。

【0092】基準値としては、判別部であるか否かの判定の基準となる、評価値変化率（評価値 $T^*$ ）の時間変化率： $\delta T^* / \delta t$ の閾値（REF（ $T^*$ ））を用いている。本例では、降温中のデータに基づいて判定を行うようにしている関係上、この基準値は健全とみなされる評価値変化率の最小値（絶対値）としての意味を有している。つまり、測定データに基づいて算出された、或る判定タイミングでの評価値の時間的変化率（ $\delta T^* / \delta t$ ）が、この基準値よりも小さい部分（つまり、評価値低下が緩やかな部位）は、判別が生じていると判定されることになる。評価値変化率の様子は、被検体の種類（コーティングの材料、母材の材料）によって異なる。従って、この基準値は、被検体の種類毎に用意されている。

【0093】判定タイミングとは、評価値変化率を求める微分演算の対象とする時期（あるいは期間）を規定したものであり、健全と判別部との評価値変化率の差が十分に大きくなっている時期（あるいは期間）に設定される。また、この判定タイミングは、被検体の種類、加熱温度、加熱時間等に応じて設定される。

【0094】本例では図14に示すように、判定タイミングは加熱ヘッド102による加熱を開始した時点 $t_0$ からの経過時間として規定され、 $t_3$ が判定時点を示している。図12では3は $t_0$ から0.2秒後であるが、例えば、 $t_0$ より0.1秒前より約0.4秒の間、好ましくは約1.5秒から約3.0秒の間で設定される。

【0095】具体的な記憶装置118は、例えば、ハードディスク装置や光磁気ディスク装置、フラッシュメモリ等の書き換え可能な不揮発性のメモリ、あるいは、これらの組み合わせにより構成されるものとする。

【0096】メモリ119及びCPU120は、記憶装置118に格納されているプログラムをメモリ119へロードし、これをCPU120が実行することで様々な機能を実現するものである。例えば、CPU120は、赤外線カメラ103によって得られるデータを解析することで、判別部を検出する機能を備えている。該機能の詳細については、後ほど動作説明において述べる。

【0097】なお、このコンピュータ116は専用のハ

ードウェアにより実現されるものであっても良い。

【0098】特許請求の範囲において「データ判定装置」とは、本例においてはコンピュータ116に相当する。「評価値算定手段」及び「微分演算手段を含む判定手段」は、CPU120が所定のプログラムを実行することで実現されている。「補正プログラム」とは、基準被検体データに相当する。「補正手段」は、メモリ119、CPU120及び記憶装置118等によって実現されている。「加熱手段」は、加熱ヘッド102、加熱ヘッドドライバ112等によって実現されている。「観測手段」は、赤外線カメラ103等によって実現されている。但し、上記各部は互いに密接に連携して機能しており、ここで述べた対応関係は厳密なものではない。

【0099】次に動作を説明する。以下の説明では、測定動作、測定データの補正処理、評価値の算定処理、並びに、判定処理（評価値変化率算定用時間微分の演算処理、基準値との比較処理を含む）に分けて述べる。

【0100】まず、測定動作について述べる。

【0101】測定に先立って、使用者が被検体Pを保持具101に保持させておく。また、タイマ113には各部の動作開始/停止タイミング/判定タイミング（判定時点、判定期間）等を規定したスケジュールを設定しておく。

【0102】使用者からの測定開始の指示を受けると、コンピュータ116のCPU120は、インターフェース部117を介してタイマ113へと所定の信号を出力する。これを受けてタイマ113は動作を開始し、予め設定されたスケジュールにしたがって各部に信号を送る。これ以降、各部は主にこのタイマ113から入力される信号に基づいて決定されるタイミングで、動作を行う。具体的には以下の通りである。

【0103】まず、加熱ヘッドドライバ112は、加熱ヘッド102から赤外線を照射させて、この被検体Pの表面を昇温させる。そして、所定時間だけ加熱した後には、赤外線の照射を停止させる。すると、被検体Pの表面温度は、下降し始める。

【0104】このとき、赤外線カメラ103が被検体Pの表面における加熱後の温度変化の様子（降温時の経時変化）を測定する。この赤外線カメラ103による撮影画像は、ビデオモニタ114へとリアルタイムに表示される。また、コンピュータ116に取り込まれ、測定データとして記録されることになる。この場合の測定データは、複数の測定点における温度の経時変化を示すデータ、言換すれば、各測定点での所定時間 $\Delta t$ 経過毎の温度の時系列データの集合である。

【0105】次に、図10を用いて、測定データの補正処理、評価値の算定処理、判定処理（評価値変化率の算定、基準値との比較）について順に述べる。

【0106】コンピュータ116のCPU120は、基準被検体データと比較することで、評価対象となってい

る測定データを補正する(ステップS101)。この補正は、本例では図11に示すように、測定データ20から基準被検体データ21を差し引くことで行う。この補正を行うことで、補正済みの測定データ22から、被検体Pの形状に起因した温度ムラを相殺することができる。従って、この後に行う判定処理については、被検体Pの全表面について、各部の形状によらず同一の基準で判定することができる。

【0107】続いて、CPU120は、この補正済み測定データ22に基づいて、各測定点の温度Tから、その評価値T\*を算定する(ステップS102)。評価値T\*の算定は、具体的には、以下のようにして行う。

【0108】即ち、CPU120は、各測定点毎に、加熱停止時点(図12のt1参照)での温度T1と、降温後十分時間が経過した時点(図12のt2参照)での温度T2を用い、測定点での各時刻の温度Tに対して $T^* = \{ (T - T2) / (T1 - T2) \} \times 100 [\%]$ を演算することにより、補正済み測定データ22(T(t))に対応する評価値データT\*(t)(評価値T\*の経時変化データ)を算定する。

【0109】続いて、CPU120は、評価値データT\*(t)に基づいて、コーティングが剥離しているか否かを判定する(ステップS103、ステップS104)。

【0110】判定は2つのステップS103、S104からなり、最初のステップS103で評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ を算定し、この評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ を次のステップS104で基準値と比較する。具体的には、以下のようにして行う。

【0111】CPU120は、予め定められた判定時点(加熱開始時点t0から所定時間経過した加熱停止後の時点)t3における評価値変化率 $(\delta T^*(t3) / \delta t)$ を、例えば、同時点t3での評価値T\*(t3)とその直後の時点t3+ $\Delta t$ tにおける評価値T\*(t3+ $\Delta t$ )を用い、 $\delta T^*(t3) / \delta t = \{ T^*(t3) - T^*(t3 + \Delta t) \} / \Delta t$ という時間微分演算を行う(ステップS103)。この微分演算を、被検体Pの各測定点毎に算定する。先に述べた通り、判定時点t3は、健全部と剥離部との評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ の差が十分大きく、あるいは最も大きくなる時期(あるいは期間)内に設定されている。

【0112】続いて、CPU120は、算定した評価値変化率 $(\delta T^*(t3) / \delta t)$ を基準値REF( $\delta T^*$ )と比較し(ステップS104)、各測定点が剥離部か否かを判定する。比較の結果、評価値変化率 $(\delta T^*(t3) / \delta t)$ が基準値REF( $\delta T^*$ )よりも小さい測定点は、剥離が生じているものと判定し、それ以外は剥離が生じていないものと判定する。そして、この判定結果を、ビデオモニタ114(あるいは、コンピュータ116の備える表示装置)へとグラフィカルに表示させる。例えば、被検体Pの形状を表示した上に重ね

て、剥離が生じていると判定した位置を示しても良い。また、同様にプリンタ115へ出力させる。

【0113】具体的なデータを図12、図13及び図14に示した。図中、5は加熱の開始及び停止の動作タイミングを表し、t0は加熱開始時点を表し、t1は加熱停止時点を表している。

【0114】図12は、補正済み測定データの幾つかの例を示したものである。図12において、縦軸は温度T[°C]、横軸は加熱開始時点t0からの経過時間t[s]である。補正済み測定データ30はコーティングが薄い健全部における温度の経時変化を表し、補正済み測定データ31はコーティングが厚い健全部における温度の経時変化を表し、補正済み測定データ32は剥離部における温度の経時変化を表す。

【0115】図13は、図12に示した補正済み測定データ30~32から算定した評価値データ40~42を示したものである。図13において、縦軸は評価値T\*[%]、横軸は加熱開始時点t0からの経過時間t[s]である。評価値データ40は補正済み測定データ30(コーティングが薄い健全部)に対応する評価値T\*の経時変化を表し、評価値データ41は補正済み測定データ31(コーティングが厚い健全部)に対応する評価値T\*の経時変化を表し、評価値データ42は補正済み測定データ32(剥離部)に対応する評価値T\*の経時変化を表している。

【0116】図14は、図13に示した評価値データ40~42についての評価値変化率データ50~52を示したものである。図14において、縦軸は評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ 、横軸は加熱開始時点t0からの経過時間t[s]である。評価値変化率データ50は評価値データ40(コーティングが薄い健全部)を時間微分したものを表し、評価値変化率データ51は評価値データ41(コーティングが厚い健全部)を時間微分したものを表し、評価値変化率データ52は評価値データ42(剥離部)を時間微分したものを表している。

【0117】これら図14に示す例では、判定時点t3を加熱停止時点t1から約0.2秒後に設定している。

【0118】図6、図12~図14に示した通り、測定データが降温時のものである場合、剥離部の評価値T\*は健全部に較べて低下が遅くなっている。つまり、評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ が小さい。また、温度Tはコーティングの厚さによる違いが比較的大きい(図12参照)のに対し、評価値T\*は厚さによる違いが小さく(図13参照)、評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ も厚さによる違いが小さい(図14参照)である。従って、評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ に基づいて判定を行った場合には、コーティングの厚さのバラツキによる影響を排除し、剥離部を正確に検出できる。

【0119】同様に、図1~図4を参照して前述した、温度Tは加熱ムラによる違いが比較的大きいの対

し(図1、図3参照)、評価値 $T^*$ は加熱ムラによる違いが小さく(図2、図4参照)、評価値変化率も加熱ムラによる違い(図5省略)。従って、評価値変化率に基づいて判定を行った場合には、加熱ムラによる影響も排除でき、剥離部を正確に検出できる。

【0120】以上説明した通り、本例によれば、加熱ムラ及びコーティングの厚さのバラツキの影響を排除し、剥離部をより正確に検出することができる。

【0121】本例では被検体Pの全体に対して検査を行っていたが、必ずしも被検体P全体を検査する必要はない。被検体Pの形状等によっては、或る特定の位置にだけ特に剥離が生じやすいといったことも考えられる。従って、最も剥離が生じ易い点だけを検査するようにしても良い。この場合には、温度測定、補正、評価値算定、評価値変化率算定は、原理的には、この測定対象となっている部位についてだけ行えば足りる。

【0122】具体的な演算処理の内容は、上述した第1実施例には限定されるものではない。例えば、図11に示した補正例において基準被検体データ21の符号を第1実施例とは逆向きに定義した場合には、補正処理では測定データ20に基準被検体データ21を加算する。また、測定データ20に代わって、基準値を基準被検体データ21によって補正しても良い。つまり、場所(測定点)毎に基準値が異なるようにしても良い。このようにすれば、補正は基準値に対して予め1回行っておくだけで良いため、演算処理を減らすことができ、リアルタイムな処理が容易に可能である。また、より細かい部分毎に判定を行うことができるため、より微小な剥離部も見逃すことがない。

【0123】更に、基準被検体データは必ずしも、剥離が発生していない検体である必要はない。剥離の発生状況が正確に確認されており、且つ、この剥離が温度に与える影響が部位毎に具体的に且つ正確に確認されている検体のデータを基準被検体データとして用いることも可能である。この場合には、当然、既に存在する剥離の影響を排除するように補正を行うことになる。

【0124】被検体Pの表面温度は気流による影響を受けるが、測定データから測定点の温度 $T$ の評価値 $T^*$ を算定し、更に、評価値 $T^*$ を時間微分して、評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ を算定するので、上述した本例では基準値 $REF(\delta T^*)$ を一定にしても正確な判定を得ることができる。しかし、周囲の温度に応じて基準値を補正するようにすれば、より正確な判定が可能である。

【0125】本例では剥離が生じていると判定された位置をビデオモニタ114等へと表示させたが、出力の形態はこれに限定されるものではない。例えば、評価値変化率と基準値の差分値自体を出力しても良い。この場合には、サーモグラフの如く、差分値の大きさに応じて色を変えて出力すれば判り易い。

【0126】【第1実施例における判定手法の変形(その1)】上述した実施例では、評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ と予め用意した基準値 $REF(\delta T^*)$ とを比較することで剥離部か否かの判定を行っていたが、判定の手法はこれに限定されるものではない。例えば、図15のステップS204に示すように、評価値変化率データ $\delta T^* / \delta t$ と予め用意した基準データ $REF(\delta T^* / \delta t)$ を比較することで、判定を行っても良い。

【0127】図15中、ステップS201の補正処理、ステップS202の評価値算定処理及びステップS203の評価値変化率算定処理は、図10について説明した補正処理(ステップS101)、評価値算定処理(ステップS102)及び評価値変化率算定処理(ステップS103)と同じである。

【0128】図15の場合、ステップS204では、所定の判定期間において例えば幾差二乗和を取るなどして、評価値変化率データ $\delta T^* / \delta t$ と基準データ $REF(\delta T^* / \delta t)$ が示す曲線同士が所定範囲内で一致しているか否かを判定し、一致している測定点ではコーティングの剥離が生じていないと判定し、一致していない測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定する。

【0129】【第1実施例における判定手法の変形(その2)】また、上述した実施例では、基準値を用いて剥離部か否かの判定を行っていたが、判定の手法はこれに限定されるものではない。例えば、図16のステップS304に示すように、各所(複数の測定点)における評価値変化率を互いに比較することで、判定を行っても良い。

【0130】図16中、ステップS301の補正処理、ステップS302の評価値算定処理及びステップS303の評価値変化率算定処理は、図10について説明した補正処理(ステップS101)、評価値算定処理(ステップS102)及び評価値変化率算定(ステップS103)と同じである。

【0131】つまり、通常は、剥離が生じている部位は被検体Pの表面の一部領域だけと考えられる。従って、図16のステップS304では、被検体P表面の2つの測定点を $X1$ 、 $X2$ とするとき、本例では測定データが降溫時のものを想定しているので、所定の判定時点において、一方の測定点 $X1$ での評価値変化率 $\delta T^* / \delta t(X1)$ が、他の測定点 $X2$ での評価値変化率 $\delta T^* / \delta t(X2)$ よりも著しく小さいような測定点 $X1$ では、剥離が生じていると判定する。

【0132】【第1実施例における判定手法の変形(その3)】また、図17のステップS404に示すように、各所(複数の測定点)における評価値変化率データを互いに比較することで、判定を行っても良い。

【0133】図17中、ステップS401の補正処理、ステップS402の評価値算定処理及びステップS40

3の評価値変化率算定処理は、図10について説明した補正処理(ステップS101)、評価値算定処理(ステップS102)及び評価値変化率算定(ステップS103)と同じである。

【0134】図17のステップS404では、被検体P表面の2つの測定点をX1、X2とするとき、2つの測定点をX1、X2とし、それぞれにおける評価値変化率データを $\delta T^*(X1, t) / \delta t$ 、 $\delta T^*(X2, t) / \delta t$ とする。具体的には、本例では測定データが降温時のものを想定しているため、所定の判定期間において、例えば、評価値変化率データ $\delta T^*(X1, t) / \delta t$ から評価値変化率データ $\delta T^*(X2, t) / \delta t$ を対応する時刻毎に引き算し、且つ、その総和Σを求め、総和Σが著しく大きい正の値であれば、測定点X2ではコーティングの剥離が生じていると判定する。

【0135】図16、図17に示した判定手法は、予め定められた基準値や基準データを使用しないので、判定結果が室温等の影響を受け難いという利点がある。著しく小さいとか、大きいかの判断に、適当な閾値を用いることは差し支えない。

【0136】更に、本発明を実施するに当たっては、上述した第1実施例の構成の全てを備えている必要はない。必要に応じて、一部の構成のみを採用しても良い。その例を、図18～図29を用いて、以下に示す。

【0137】[第2実施例：補正処理の省略]図18に示す例では、CPU120は補正処理は行わず、図12の測定データ22から直接、測定点の温度Tに対する評価値 $T^*$ を算定する(ステップS501)。続いて、CPU120は、評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ の算定(ステップS502)、評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ と基準値REF( $\delta T^*$ )との比較(ステップS503)を行う。

【0138】図18中、ステップS501の評価値算定処理、ステップS502の評価値変化率算定処理及びステップS503の比較処理は、図10について説明した評価値算定処理(ステップS102)、評価値変化率算定(ステップS103)及び比較処理(ステップS104)と同じである。

【0139】つまり、判定は2つのステップS502、S503からなり、最初のステップS502で判定時点t3における評価値変化率 $\delta T^*(t3) / \delta t$ を算定し、次のステップS503で評価値変化率 $\delta T^*(t3) / \delta t$ を基準値REF( $\delta T^*$ )と比較する。この場合、測定データが降温時についてのものを想定しているので、評価値変化率 $\delta T^*(t3) / \delta t$ が基準値REF( $\delta T^*$ )よりも小さい測定点でコーティングの剥離部が生じていると判定する。

【0140】[第2実施例における判定手法の変形(その1)]図19に示す例では、図12の測定データ22から直接、各測定点の温度Tに対する評価値 $T^*$ を算定し(ステップS601)、評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ の

算定(ステップS602)、評価値変化率データ $\delta T^*(t) / \delta t$ と基準データREF( $\delta T^*(t)$ )との比較(ステップS603)を行う。

【0141】図19中、ステップS601の評価値算定処理及びステップS602の評価値変化率算定(時間微分演算)処理は、図10について説明した評価値算定処理(ステップS102)及び評価値変化率算定(ステップS103)と同じであり、ステップS603の比較処理は、図15について説明した比較処理(ステップS204)と同じである。

【0142】つまり、CPU120は、所定の判定期間において例えば差差二乗和を取るなどして、評価値変化率データ $\delta T^*(t) / \delta t$ と基準データREF( $\delta T^*(t)$ )を示す曲線同士が所定範囲内で一致しているかを判定し、一致している測定点ではコーティングの剥離が生じていないと判定し、一致していない測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定する。

【0143】[第2実施例における判定手法の変形(その2)]図20に示す例では、図12の測定データ22から直接、各測定点の温度Tに対する評価値 $T^*$ を算定し(ステップS701)、評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ の算定(ステップS702)、複数の測定点での評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ 同士の比較(ステップS703)を行う。

【0144】図20中、ステップS701の評価値算定処理及びステップS702の評価値変化率算定処理は、図10について説明した評価値算定処理(ステップS102)及び評価値変化率算定処理(ステップS103)と同じであり、ステップS703の比較処理は、図16の比較処理(ステップS304)と同じである。

【0145】例えば、2つの測定点をX1、X2とし、それぞれにおける評価値変化率 $\delta T^*(X1) / \delta t$ 、 $\delta T^*(X2) / \delta t$ とする場合、CPU120は、所定の判定時点t3において、両方の評価値変化率 $\delta T^*(X1) / \delta t$ 、 $\delta T^*(X2) / \delta t$ を比較する。本例では測定データが降温時のものを想定しているため、一方の測定点X1での評価値変化率 $\delta T^*(X1) / \delta t$ が、他の測定点X2での評価値変化率 $\delta T^*(X2) / \delta t$ よりも著しく小さいような測定点X1では、剥離が生じていると判定する。

【0146】[第2実施例における判定手法の変形(その3)]図21に示す例では、図12の測定データ22から直接、各測定点の温度Tに対する評価値 $T^*$ を算定し(ステップS801)、評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ の算定(ステップS802)、複数の測定点での評価値変化率データ $\delta T^*(t) / \delta t$ 同士の比較(ステップS803)を行う。

【0147】図21中、ステップS801の評価値算定処理及びステップS802の評価値変化率算定処理は、図10について説明した評価値算定処理(ステップS1

02) 及び評価値変化率算定処理(ステップS103)と同じであり、ステップS803の比較処理は、図17の比較処理(ステップS404)と同じである。

【0148】例えば、2つの測定点をX1、X2とし、それぞれにおける評価値変化率データを $\delta T^*(X1, t) / \delta t$ 、 $\delta T^*(X2, t) / \delta t$ とする場合、CPU120は、所定の判定期間において、例えば、評価値変化率データ $\delta T^*(X1, t) / \delta t$ から評価値変化率データ $\delta T^*(X2, t) / \delta t$ に対応する時刻毎に引き算し、且つ、その総和 $\Sigma$ を求める。本例では測定データが降温時のものを想定しているため、総和 $\Sigma$ が著しく大きい正の値であれば、測定点X1ではコーティングの剥離が生じていると判定する。

【0149】図18～図21いずれの例でも、測定データを補正しないが、温度Tの代わりに、評価値変化率 $\delta T^* / \delta t$ や評価値変化率データ $\delta T^*(t) / \delta t$ を用いているので、加熱ムラやコーティング厚さのパラツキの影響を排除でき、従来に較べて剥離判定の精度が良い。

【0150】[第3実施例：評価値変化率算定の省略] 図22に示す例では、CPU120は、測定データに対する補正処理(ステップS901)、評価値 $T^*$ の算定(ステップS902)を行うが、評価値変化率を算定せず、評価値 $T^*$ を直接基準値REF( $T^*$ )と比較して判定を行う(ステップS903)。

【0151】図22中、ステップS901の補正処理及びステップS902の評価値算定処理は、図10について説明した補正処理(ステップS101)及び評価値算定処理(ステップS102)と同じである。

【0152】ステップS903では、図6や図13に示すような判定時点t3において、評価値 $T^*$ が基準値REF( $T^*$ )より大きい測定点では、コーティングの剥離が生じていると判定する。

【0153】[第3実施例における判定手法の変形(その1)] 図23に示す例では、CPU120は、測定データに対する補正処理(ステップS1001)、評価値 $T^*$ の算定(ステップS1002)を行うが、評価値変化率を算定せず、評価値データ $T^*(t)$ を基準データREF( $T^*(t)$ )と比較して判定を行う(ステップS1003)。

【0154】図23中、ステップS1001の補正処理及びステップS1002の評価値算定処理は、図10について説明した補正処理(ステップS101)及び評価値算定処理(ステップS102)と同じである。

【0155】ステップS1003では、所定の判定期間において例えば残差二乗和を取るなどして、評価値データ $T^*(t)$ と基準データREF( $T^*(t)$ )が示す曲線同士が所定範囲内で一致しているか否かを判定し、一致している測定点ではコーティングの剥離が生じていないと判定し、一致していない測定点ではコーティング

の剥離が生じていると判定する。

【0156】[第3実施例における判定手法の変形(その2)] 図24に示す例では、CPU120は、測定データに対する補正処理(ステップS1101)、評価値 $T^*$ の算定(ステップS1102)を行うが、評価値変化率は算定せず、複数の測定点での評価値 $T^*$ 同士の比較(ステップS1103)を行う。

【0157】図24中、ステップS1101の補正処理及びステップS1102の評価値算定処理は、図10について説明した補正処理(ステップS101)及び評価値算定処理(ステップS102)と同じである。

【0158】ステップS1103では、2つの測定点をX1、X2とし、それぞれにおける評価値 $T^*(X1)$ 、 $T^*(X2)$ とする場合、CPU120は、所定の判定時点t3において、両方の評価値を $T^*(X1)$ 、 $T^*(X2)$ と比較する。一方の測定点X1での評価値 $T^*(X1)$ が、他の測定点X2での評価値 $T^*(X2)$ よりも著しく大きいような測定点X1では、剥離が生じていると判定する。

【0159】[第3実施例における判定手法の変形(その3)] 図25に示す例では、CPU120は、測定データに対する補正処理(ステップS1201)、評価値 $T^*$ の算定(ステップS1202)を行うが、評価値変化率は算定せず、複数の測定点での評価値データ $T^*(t)$ 同士の比較(ステップS1203)を行う。

【0160】図25中、ステップS1201の補正処理及びステップS1202の評価値算定処理は、図10について説明した補正処理(ステップS101)及び評価値算定処理(ステップS102)と同じである。

【0161】ステップS1203では、2つの測定点をX1、X2とし、それぞれにおける評価値データを $T^*(X1, t)$ 、 $T^*(X2, t)$ とする場合、CPU120は、所定の判定期間において、例えば、評価値データ $T^*(X1, t)$ から評価値データ $T^*(X2, t)$ に対応する時刻毎に引き算し、且つ、その総和 $\Sigma$ を求める。総和 $\Sigma$ が著しく大きい正の値であれば、測定点X1ではコーティングの剥離が生じていると判定する。

【0162】図22～図25いずれの例でも、評価値変化率の代わりに、評価値 $T^*$ を直接用いて判定を行うが、評価値 $T^*$ には温度Tに含まれる加熱ムラやコーティング厚さのパラツキの影響が排除されているので、従来に較べて剥離判定の精度が良い。

【0163】[第4実施例：補正処理及び評価値変化率算定の省略] 図26に示す例では、CPU120は補正処理を行わず、図12の測定データ22から直接、温度Tに対する評価値 $T^*$ を算定する(ステップS1301)。続いて、CPU120は、評価値変化率は算定せず、評価値 $T^*$ を直接基準値REF( $T^*$ )と比較して判定を行う(ステップS1302)。

【0164】図26中、ステップS1301の評価値算

定処理は、図10について説明した評価値算定処理（ステップS102）と同じであり、ステップS1302の比較処理は、図22について説明した評価値算定処理（ステップS903）と同じである。

【0165】即ち、ステップS1302では、図6、図13に示したような判定時点 $t_3$ において、評価値 $T^*$ が基準値 $REF(T^*)$ より大きい測定点では、コーティングの剥離が生じていると判定する。

【0166】【第4実施例における判定手法の変形（その1）】図27に示す例では、CPU120は補正処理を行わず、図12の測定データ22から直接、湿度 $T$ に対する評価値 $T^*$ を算定する（ステップS1401）。続いて、CPU120は、評価値変化率は算定せず、評価値データ $T^*$ を直接基準データ値 $REF(T^*(t))$ と比較して判定を行う（ステップS1402）。

【0167】図27中、ステップS1401の評価値算定処理は、図10について説明した評価値算定処理（ステップS102）と同じであり、ステップS1402の比較処理は、図23について説明した比較処理（ステップS1003）と同じである。

【0168】即ち、ステップS1402では、所定の判定期間において例えば差乗二乗和を取るなどで、評価値データ $T^*(t)$ と基準データ $REF(T^*(t))$ が示す曲線同士が所定範囲内で一致しているか否かを判定し、一致している測定点ではコーティングの剥離が生じていないと判定し、一致していない測定点ではコーティングの剥離が生じていると判定する。

【0169】【第4実施例における判定手法の変形（その2）】図28に示す例では、CPU120は補正処理を行わず、図12の測定データ22から直接、湿度 $T$ に対する評価値 $T^*$ を算定する（ステップS1501）。続いて、CPU120は、評価値変化率は算定せず、複数の測定点での評価値 $T^*$ 同士を比較する（ステップS1502）。

【0170】図28中、ステップS1501の評価値算定処理は、図10について説明した評価値算定処理（ステップS102）と同じであり、ステップS1502の比較処理は、図24について説明した比較処理（ステップS1103）と同じである。

【0171】即ち、ステップS1502では、2つの測定点を $X_1$ 、 $X_2$ とし、それぞれにおける評価値 $T^*(X_1)$ 、 $T^*(X_2)$ とする場合、CPU120は、図6、図13に示すような所定の判定時点 $t_3$ において、両方の評価値を $T^*(X_1)$ 、 $T^*(X_2)$ を比較する。一方の測定点 $X_1$ での評価値 $T^*(X_1)$ が、他の測定点 $X_2$ での評価値 $T^*(X_2)$ よりも著しく大きいような測定点 $X_1$ では、剥離が生じていると判定する。

【0172】【第4実施例における判定手法の変形（そ

の3）】図29に示す例では、CPU120は補正処理を行わず、図12の測定データ22から直接、各測定点の湿度 $T$ に対する評価値 $T^*$ を算定する（ステップS1601）。続いて、CPU120は、評価値変化率は算定せず、複数の測定点での評価値データ $T^*$ 同士を比較する（ステップS1602）。

【0173】即ち、ステップS1602では、2つの測定点を $X_1$ 、 $X_2$ とし、それぞれにおける評価値データを $T^*(X_1, t)$ 、 $T^*(X_2, t)$ とする場合、CPU120は、所定の判定期間において、例えば、評価値データ $T^*(X_1, t)$ から評価値データ $T^*(X_2, t)$ を対応する時刻毎に引き算し、且つ、その総和 $\Sigma$ を求める。総和 $\Sigma$ が著しく大きい正の値であれば、測定点 $X_1$ ではコーティングの剥離が生じていると判定する。

【0174】図26～図29いずれの例でも、測定データを補正せず、また、評価値変化率は算定しないが、湿度 $T$ の代わりに、評価値 $T^*$ あるいは評価値データ $T^*(t)$ を用いているので、加熱ムラやコーティング厚さのバラツキの影響を排除でき、従来に較べて剥離判定の精度が良い。

【0175】ここで、コンピュータ116の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより、上述した処理を行っても良い。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、OS（オペレーティングシステム）やハードウェア（周辺機器など）を含むものをいう。

【0176】また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フロッピー（登録商標）ディスク、光磁気ディスク、ROM、CD・ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスクなどの記録装置を含むものとする。

【0177】更に、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等の通信回線を通じてプログラムを送信する場合の通信線のように、短時間の間、動的にプログラムを保持するもの、その場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリのように、一定時間プログラムを保持しているものを含むものとする。

【0178】また、上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであっても良く、更に、前述した機能をコンピュータシステムに既に記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるものであっても良い。

【0179】

【発明の効果】請求項1に係る発明のデータ判定装置は、被検体表面の所望の測定点での温度の経時変化を示す測定データに基づいて、前記測定点における或る時刻

の温度を $T$ とし、当該温度の評価値を $T^*$ とし、2つの異なる時刻での温度を $T_1$ 、 $T_2$ とし、 $T_1 > T_2$ とする場合、 $T^* = (T - T_2) / (T_1 - T_2)$ により評価値を算定する評価値算定手段と、前記評価値算定手段が算定した評価値に基づいて、当該測定点においてコーティングの剝離が生じているか否か判定する判定手段を備えるので、加熱ムラやコーティング厚さのバラツキに起因する温度ムラの影響を排除でき、判定精度が良い。

【0180】請求項2に係る発明のデータ判定装置は、請求項1において、前記測定データは加熱停止後のものであるため、被検体を一旦加熱後、加熱を停止して判定を行う場合に、加熱ムラやコーティング厚さのバラツキに起因する温度ムラの影響を排除できる。

【0181】請求項3に係る発明のデータ判定装置は、請求項1において、前記温度 $T$ は最高温度であり、前記温度 $T$ は最低温度であるため、評価値の算定精度が良い。

【0182】請求項4に係る発明のデータ判定装置は、請求項1において、前記被検体と同形状であり且つ剝離状況が既知である部材について予め用意された補正データを持ち、前記測定データを前記補正データに基づいて補正する補正手段を更に備えること、及び、前記評価値算定手段は前記補正手段が補正した後の補正済み測定データに基づいて、前記評価値を算定するものであるため、被検体の形状に起因した温度ムラといった誤差要因を予め除去することができ、正確な判定が可能である。

【0183】請求項5に係る発明のデータ判定装置は、請求項1において、前記判定手段は予め定められた基準値及び予め定められた判定時点を有し、前記評価値が、前記判定時点において、前記基準値よりも大きい測定点ではコーティングの剝離が生じていると判定するものであるため、正確な判定が可能である。

【0184】請求項6に係る発明のデータ判定装置は、請求項1または4において、前記判定手段は予め定められた評価値の経時変化を示す基準データ及び予め定められた判定期間を有し、前記評価値算定手段が算定した評価値の経時変化を示す評価値データが、前記判定期間において、前記基準データと所定範囲内で一致する測定点ではコーティングの剝離が生じていないと判定し、一致しない測定点ではコーティングの剝離が生じていると判定するものであるため、正確な判定が可能である。

【0185】請求項7に係る発明のデータ判定装置は、請求項1または4において、前記測定点として複数の位置が設定されており、前記判定手段は予め定められた判定時点を有し、前記評価値が、前記判定時点において、他の測定点よりも高くなっている測定点ではコーティングの剝離が生じていると判定するものであるため、基準値が不要である。

【0186】請求項8に係る発明のデータ判定装置は、請求項1または4において、前記測定点として複数の位

置が設定されており、前記判定手段は予め定められた判定期間を有し、前記評価値の経時変化を示す評価値データを、前記判定期間において、他の測定点での評価値の経時変化を示す評価値データと比較することにより、コーティングの剝離が生じているか否か判定するものであるため、基準値が不要である。

【0187】請求項9に係る発明のデータ判定装置は、請求項1または4において、前記判定手段は、前記評価値の経時変化を示す評価値データに基づいて、前記測定点での評価値評価値変化率を算定する微分演算手段を有し、前記評価値変化率の大きさに基づいて、当該測定点においてコーティングの剝離が生じているか否か判定するものであるため、正確な判定が可能である。

【0188】請求項10に係る発明のデータ判定装置は、請求項9において、前記判定手段は予め定められた基準値及び予め定められた判定時点を有し、前記測定データが降温時についてのものである場合に、前記評価値変化率が、前記判定時点において、前記基準値よりも小さい測定点ではコーティングの剝離が生じていると判定するものであるため、降温時において正確な判定が可能である。

【0189】請求項11に係る発明のデータ判定装置は、請求項9において、前記判定手段は予め定められた評価値変化率の経時変化を示す基準データ及び予め定められた判定期間を有し、前記微分演算手段が算定した評価値変化率の経時変化を示す評価値変化率データが、前記判定期間において、前記基準データと所定範囲内で一致する測定点ではコーティングの剝離が生じていないと判定し、一致しない測定点ではコーティングの剝離が生じていると判定するものであるため、正確な判定が可能である。

【0190】請求項12に係る発明のデータ判定装置は、請求項9において、前記測定点として複数の位置が設定されており、前記判定手段は予め定められた判定時点を有し、前記測定データが降温時についてのものである場合、前記評価値変化率が前記判定時点において他の測定点よりも低くなっている測定点ではコーティングの剝離が生じていると判定するものであるため、基準値を用いることなく判定することができる。

【0191】請求項13に係る発明のデータ判定装置は、請求項9において、前記測定点として複数の位置が設定されており、前記判定手段は予め定められた判定期間を有し、前記評価値変化率の経時変化を示す評価値変化率データを、前記判定期間において、他の測定点での評価値変化率の経時変化を示す評価値変化率データと比較することにより、コーティングの剝離が生じているか否か判定するものであるため、基準値を用いることなく判定することができる。

【0192】請求項14に係る発明は非破壊検査装置であり、被検体を加熱する加熱手段と、前記加熱手段によ



る加熱中の温度上昇時または該加熱を停止した後の温度下降時における、前記被検体表面の所望の測定点での温度の経時変化を観測する温度観測手段と、前記温度観測手段によって観測されたデータを判定する請求項1から13いずれかに1つに記載のデータ判定装置を備えるので、コーティングの剝離を正確に検出することができる。

【0193】請求項15に係る発明は非破壊検査方法であり、被検体表面の所望の測定点における温度の経時変化を示す測定データに基づいて、前記測定点における温度を $T$ とし、当該温度の評価値を $T^*$ とし、2つの異なる時刻での温度を $T1$ 、 $T2$ とし、 $T1 > T2$ とする場合、 $T^* = (T - T2) / (T1 - T2)$ により評価値を算定し、前記評価値に基づいて、当該測定点においてコーティングの剝離が生じているか否かを判定するので、加熱ムラやコーティング厚さのパラツキに起因する温度ムラの影響を排除して、精度良くコーティングの剝離を検出することができる。

【0194】請求項16に係る発明の非破壊検査方法は、請求項15において、前記測定データとして加熱停止後のものを用いるので、被検体を一旦加熱後、加熱を停止して判定を行う場合に、加熱ムラやコーティング厚さのパラツキに起因する温度ムラの影響を排除できる。

【0195】請求項17に係る発明の非破壊検査方法は、請求項16において、前記温度 $T1$ は最高温度であり、前記温度 $T2$ は最低温度であるので、評価値の算定精度が良い。

【0196】請求項18に係る発明の非破壊検査方法は、請求項15において、前記被検体と同形状であり且つ剝離状況が既知である部材について予め補正データを用意し、前記補正データに基づいて、前記測定データを補正し、前記補正した後の補正済み測定データに基づいて、前記評価値を算定するので、被検体の形状に起因した温度ムラといった誤差要因を予め除去することができる。正確な判定が可能である。

【0197】請求項19に係る発明の非破壊検査方法は、請求項15または18において、前記評価値が、予め定められた判定時点において、予め定められた基準値よりも大きい測定点ではコーティングの剝離が生じていると判定するので、正確な判定が可能である。

【0198】請求項20に係る発明の非破壊検査方法は、請求項15または18において、前記評価値の経時変化を示す評価値データが、予め定められた判定期間において、予め定められた評価値の経時変化を示す基準データと所定範囲内で一致する測定点ではコーティングの剝離が生じていないと判定し、一致しない測定点ではコーティングの剝離が生じていると判定するので、正確な判定が可能である。

【0199】請求項21に係る発明の非破壊検査方法は、請求項15または18において、前記測定点を複数

設定し、前記評価値が、予め定められた判定時点において、他の測定点よりも高くなっている測定点ではコーティングの剝離が生じていると判定するので、基準値が不要である。

【0200】請求項22に係る発明の非破壊検査方法は、請求項15または18において、前記測定点を複数設定し、前記評価値の経時変化を示す評価値データを、予め定められた判定期間において、他の測定点での評価値の経時変化を示す評価値データと比較することにより、コーティングの剝離が生じているか否かを判定するので、基準値が不要である。

【0201】請求項23に係る発明の非破壊検査方法は、請求項15または18において、前記評価値の経時変化を示す評価値データに基づいて、前記測定点での評価値変化率を算定し、前記評価値変化率の大きさに基づいて、当該測定点においてコーティングの剝離が生じているか否かを判定するので、正確な判定が可能である。

【0202】請求項24に係る発明の非破壊検査方法は、請求項23において、前記測定データが降温時についてのものである場合に、前記評価値変化率が、予め定められた判定時点において、予め定められた基準値よりも小さい測定点ではコーティングの剝離が生じていると判定するので、降温時において正確な判定が可能である。

【0203】請求項25に係る発明の非破壊検査方法は、請求項23において、前記評価値変化率の経時変化を示す評価値変化率データが、予め定められた判定期間において、予め定められた評価値変化率の経時変化を示す基準データと所定範囲内で一致する測定点ではコーティングの剝離が生じていないと判定し、一致しない測定点ではコーティングの剝離が生じていると判定するので、正確な判定が可能である。

【0204】請求項26に係る発明の非破壊検査方法は、請求項23において、前記測定点を複数設定し、前記測定データが降温時についてのものである場合、前記評価値変化率が予め定められた判定時点において他の測定点よりも低くなっている測定点ではコーティングの剝離が生じていると判定するので、基準値を用いることなく判定することができる。

【0205】請求項27に係る発明の非破壊検査方法は、請求項23において、前記測定点を複数設定し、前記評価値変化率の経時変化を示す評価値変化率データを、予め定められた判定期間において、他の測定点での評価値変化率の経時変化を示す評価値変化率データと比較することにより、コーティングの剝離が生じているか否かを判定するので、基準値を用いることなく判定することができる。

【0206】請求項28に係る発明はコンピュータが読取可能な記録媒体であり、請求項15から27いずれか1つに記載の非破壊検査方法をコンピュータに実行させ

るプログラムを格納したので、コーティングの剥離をコンピュータにより正確に判定することができる。

【0207】請求項29に係る発明はコンピュータプログラムであり、請求項15から27いずれか1つに記載の非破壊検査方法をコンピュータに実行させるので、コーティングの剥離をコンピュータにより正確に判定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】被検体の同一点について、加熱強度を変化させた場合における表面温度の測定データを示す図。

【図2】図1に示した各測定データに対応する評価値データを示す図。

【図3】健全な被検体について、加熱ムラがある場合とない場合における表面温度の測定データを示す図。

【図4】図3に示した各測定データに対応する評価値データを示す図。

【図5】剥離部と健全部について、表面温度の測定データを示す図。

【図6】図5に示した各測定データに対応する評価値データを示す図。

【図7】本発明の第1実施例に係る非破壊検査装置の概要を示す斜視図。

【図8】非破壊検査装置の内部構成を示す図。

【図9】非破壊検査装置の動作を示す図。

【図10】非破壊検査装置における測定データ補正、評価値算定、及び、判定（評価値変化率算定、評価値変化率と基準値との比較）の概要を示すフローチャート。

【図11】測定データ補正の概念を示す図。

【図12】補正済み測定データの一例を示す図。

【図13】評価値データの一例を示す図。

【図14】評価値変化率データの一例を示す図。

【図15】図10の変形として、評価値変化率データと基準データとを比較する場合の処理概要を示すフローチャート。

【図16】図10の変形として、評価値変化率同士を比較する場合の処理概要を示すフローチャート。

【図17】図10の変形として、評価値変化率データ同士を比較する場合の処理概要を示すフローチャート。

【図18】本発明の第2実施例として、図10に対して測定データ補正を省略した処理（評価値算定、及び、判定（評価値変化率算定、評価値変化率と基準値との比較）の概要を示すフローチャート。

【図19】図18の変形として、評価値変化率データと基準データとを比較する場合の処理概要を示すフローチャート。

【図20】図18の変形として、評価値変化率同士を比較する場合の処理概要を示すフローチャート。

【図21】図18の変形として、評価値変化率データ同士を比較する場合の処理概要を示すフローチャート。

【図22】本発明の第3実施例として、図10に対して

評価値変化率算定を省略した処理（測定データ補正、評価値算定、及び、判定（評価値と基準値との比較）の概要を示すフローチャート。

【図23】図22の変形として、評価値データと基準データとを比較する場合の処理概要を示すフローチャート。

【図24】図22の変形として、評価値同士を比較する場合の処理概要を示すフローチャート。

【図25】図22の変形として、評価値データ同士を比較する場合の処理概要を示すフローチャート。

【図26】本発明の第4実施例として、図10に対して測定データ補正及び評価値変化率算定を省略した処理（評価値算定、及び、判定（評価値と基準値との比較）の概要を示すフローチャート。

【図27】図26の変形として、評価値データと基準データとを比較する場合の処理概要を示すフローチャート。

【図28】図26の変形として、評価値同士を比較する場合の処理概要を示すフローチャート。

【図29】図26の変形として、評価値データ同士を比較する場合の処理概要を示すフローチャート。

【符号の説明】

P 被検体

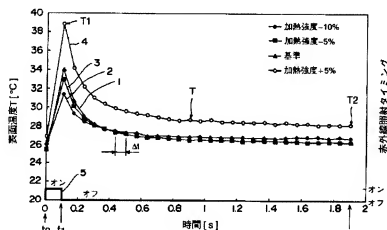
- 1 基準加熱強度における測定データ
- 2 基準加熱強度より10%減における測定データ
- 3 基準加熱強度より5%減における測定データ
- 4 基準加熱強度より5%増における測定データ
- 5 赤外線フラッシュのオン/オフ動作タイミング
- 6 加熱ムラが生じた健全部における測定データ
- 7 加熱ムラが生じない健全部における測定データ
- 8 剥離部における測定データ
- 9 健全部における測定データ
- 11 測定データ1に対応する評価値データ
- 12 測定データ2に対応する評価値データ
- 13 測定データ3に対応する評価値データ
- 14 測定データ4に対応する評価値データ
- 16 測定データ6に対応する評価値データ
- 17 測定データ7に対応する評価値データ
- 18 測定データ8に対応する評価値データ
- 19 測定データ9に対応する評価値データ
- 20 測定データ
- 21 補正データ（基準被検体データ）
- 22 補正済み測定データ
- 30 コーティングが薄い健全部における補正済み測定データ
- 31 コーティングが厚い健全部における補正済み測定データ
- 32 剥離部における補正済み測定データ
- 40 補正済み測定データ30に対応する評価値データ
- 41 補正済み測定データ31に対応する評価値データ

4 2 補正済み測定データ 3 2 に対応する評価値データ  
 5 0 評価値データ 4 0 に対応する評価値変化率データ  
 5 1 評価値データ 4 1 に対応する評価値変化率データ  
 5 2 評価値データ 5 2 に対応する評価値変化率データ  
 1 0 0 非破壊検査装置  
 1 0 1 保持具  
 1 0 1 a 5 軸アクチュエータ  
 1 0 2 加熱ヘッド  
 1 0 2 a 加熱器  
 1 0 2 b 3 軸アクチュエータ  
 1 0 3 赤外線カメラ  
 1 0 4 フード  
 1 0 5 ファン

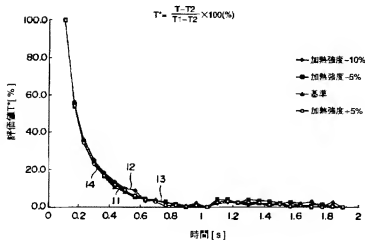
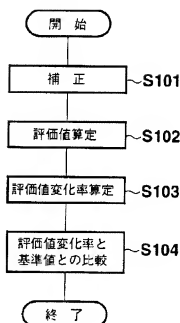
1 1 1 保持具コントローラドライバ  
 1 1 2 加熱ヘッドドライバ  
 1 1 3 タイマ  
 1 1 4 ビデオモニタ  
 1 1 5 プリンタ  
 1 1 6 コンピュータ  
 1 1 7 インターフェース部  
 1 1 8 記憶装置  
 1 1 9 メモリ  
 1 2 0 C P U (中央処理装置)  
 1 2 1 入力装置  
 1 2 2 表示装置

【図 1】

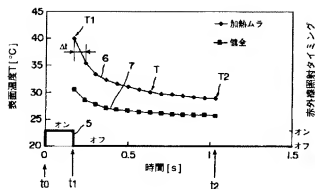
【図 10】



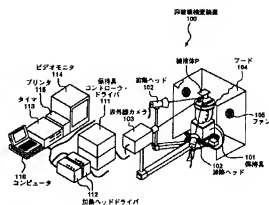
【図 2】



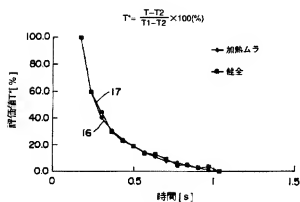
【図3】



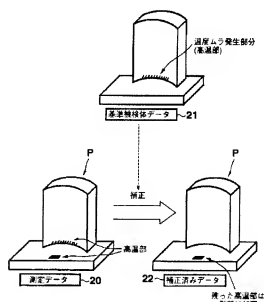
【図7】



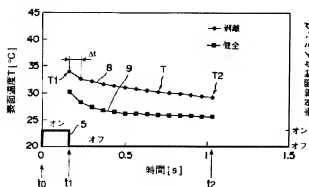
【図4】



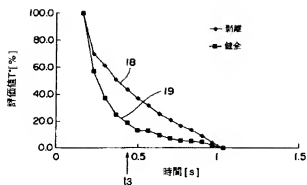
【図11】



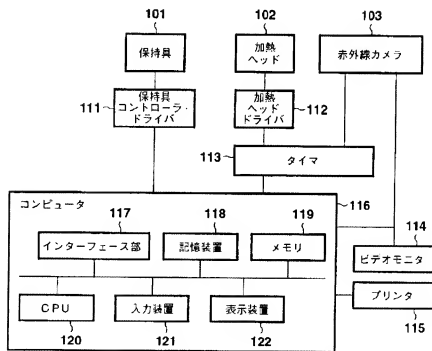
【図5】



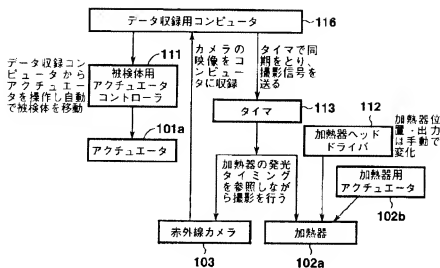
【図6】



【図8】

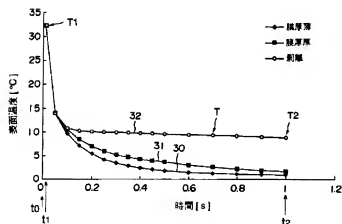


【図9】

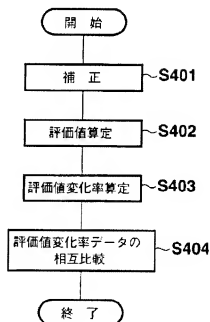
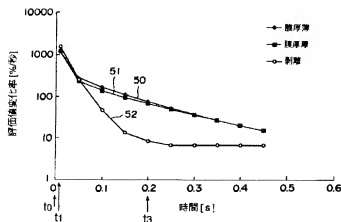


【図12】

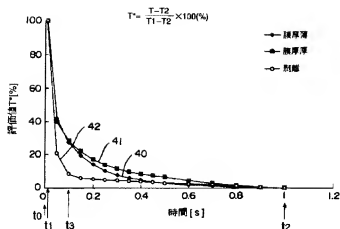
【図17】



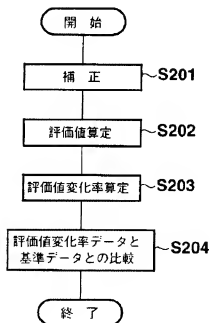
【図14】



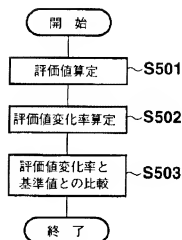
【図13】



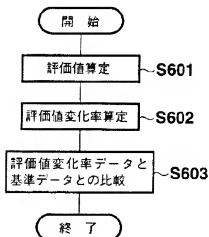
【図15】



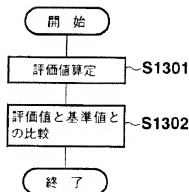
【図18】



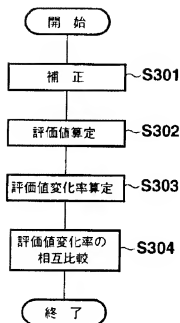
【図19】



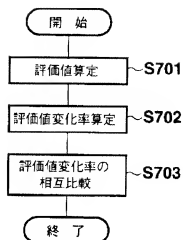
【図26】



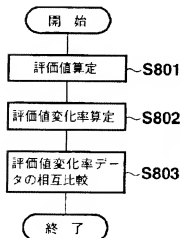
【図16】



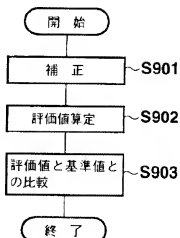
【図20】



【図21】

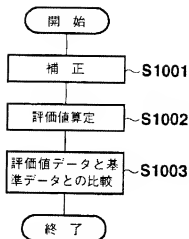


【図22】



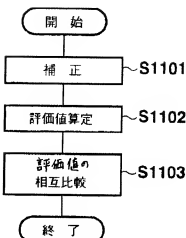


【図23】



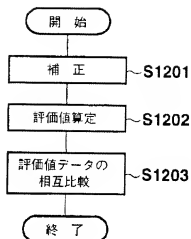
【図27】

【図24】

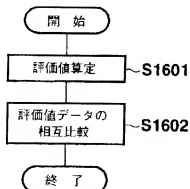
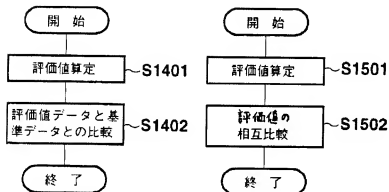


【図28】

【図25】



【図29】



フロントページの続き

(72)発明者 中山 博之

兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目 1 番 1 号

三菱重工株式会社高砂研究所内

F ターム(参考) 2G040 AA07 AB08 BA26 CA02 DA06

DA12 EA06 EA08 EB02 EC03

FA07 HA02 HA08 HA10 HA11

HA15 HA16 ZA05